

3M'Air

Mesures citoyennes Mobiles et Modélisation: qualité de l'air et îlots de chaleur à Lyon

Walid Bechkit, INSA-Lyon / INRIA / IMU

Contexte: pollution atmosphérique



- ❑ 500000 morts par an en Europe ¹ / 127000 enfants (< 5ans) chaque année ²
- ❑ Un coût annuel d'environ 100 Milliard € en France ³

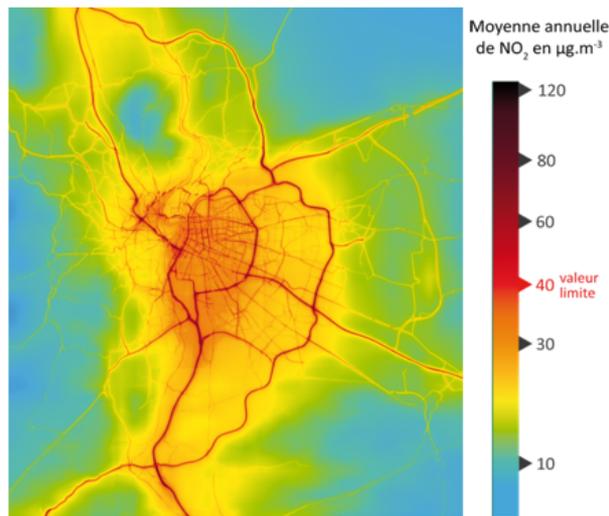


Modélisation

Mesures

Modèles de dispersion physico-chimiques

Stations de référence équipées d'analyseurs



Concentration NO₂, 2012, Lyon (**ATMO-AuRA**)



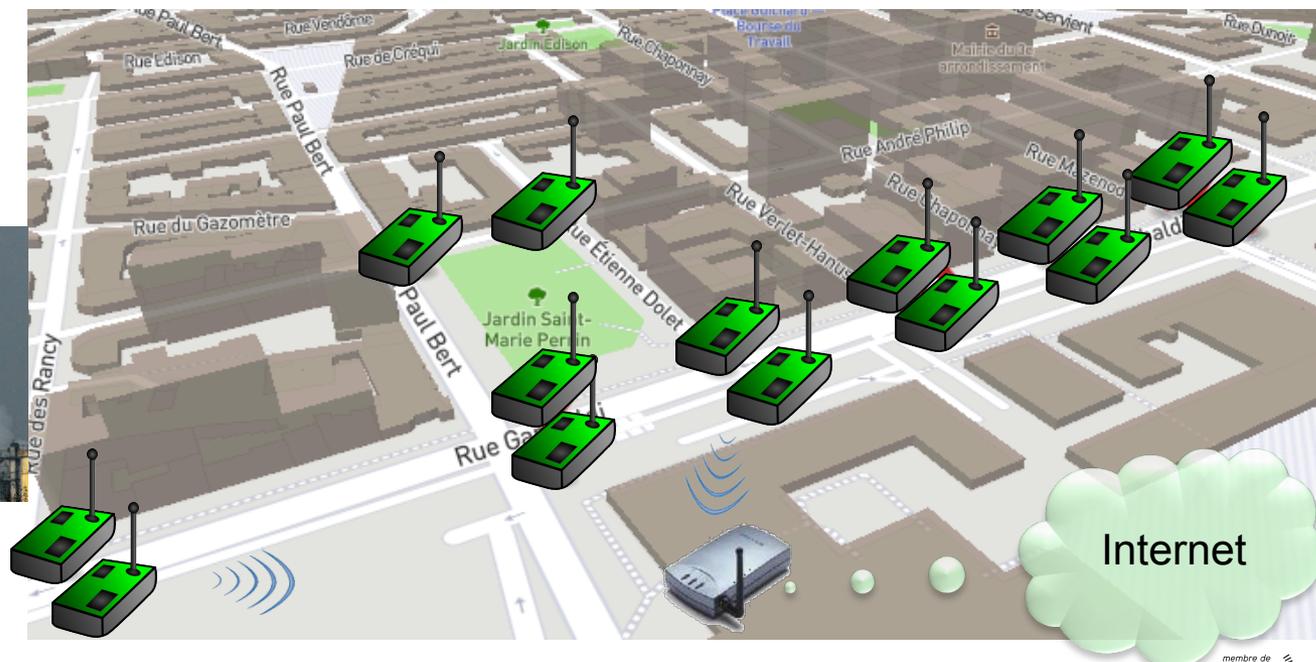
Stations de référence (Paris, Lyon, France)

¹ EEA, 2017; ² citymetric.com, 2018; ³ French Senate, 2015

Contexte: réseaux de capteurs sans fil à bas coût

Emergence de capteurs à bas coût:

- ☺ Petite taille et faible coût
- ☺ Amélioration de la granularité spatiale
- ☺ Communication sans fil et auto-organisation
- ☹ Moins de précision par rapport aux analyseurs chimiques
- ☹ Durée de vie et besoin de réétalonnage plus fréquent des sondes



Plan

- ❑ Contexte
- ❑ **UrPoISens (2015-2018):** Réseaux de capteurs fixes à bas coût pour une caractérisation fine de la qualité de l'air
 - ❑ Optimisation du déploiement et de l'ordonnancement des capteurs
 - ❑ Conception et déploiement d'une plateforme de réseaux de capteurs
 - ❑ Etude sociologique sur la perception de la pollution par les citoyens
- ❑ **3M'Air (2018-2021):** Mesures citoyennes Mobiles et Modélisation: qualité de l'air et îlots de chaleur à Lyon
 - ❑ Choix technologiques et conception des nœuds
 - ❑ Etablissement du protocole de participation citoyenne
 - ❑ Analyse des données température/ qualité de l'air
- ❑ Conclusions

1. Projet UrPolSens (2015-2018)

Objectif global:

Explorer le potentiel des réseaux de capteurs sans fil (RCSF) pour une **caractérisation fine** de la qualité de l'air

Consortium:



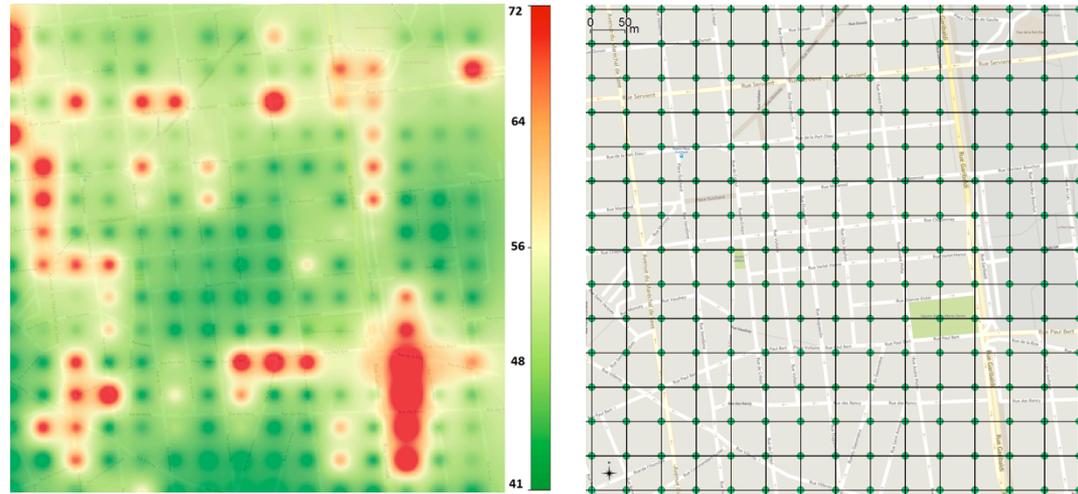
Trois sous objectifs:

- Proposer des modèles de déploiement optimal de RCSF pour le suivi de la pollution;
- Concevoir et déployer un RCSF pour le suivi de la pollution;
- Mener une étude sociologique sur la perception de la pollution par les citoyens.

1.1. Problème du déploiement optimal de micro-capteurs

Principal problème

Où placer les micro-capteurs
pour mieux caractériser la
qualité de l'air ?



Concentrations NO₂, Part Dieu, 2008 (**ATMO-AuRA**)

- ✧ Choisir 11 positions parmi 225 → 1462177725857175600 possibilités ($>10^{18}$)
- ✧ Choisir 20 positions parmi 225 → environ ($2 \cdot 10^{28}$) possibilités
- ✧ Choisir 30 positions parmi 225 → environ ($2 \cdot 10^{37}$) possibilités ...

Mais aussi:

- S'assurer que le réseau induit et connecté (remontée d'information)
- Prendre en compte l'hétérogénéité des capteurs, les erreurs, etc.

1.1. Problème du déploiement optimal de micro-capteurs

Quelques contributions:

- ❑ Modèles optimaux (cartographie de la pollution et connectivité)
- ❑ Modèles fournissant des solutions proches de l'optimal (heuristiques)
- ❑ Modèles basés sur l'interpolation / l'assimilations de données
- ❑ Prise en compte des erreurs hétérogènes de mesures
- ❑ Simulations (Lyon, Paris, Londres) et évaluation de performances
- ❑ Passage à une cartographie 3D (données de la soufflerie)

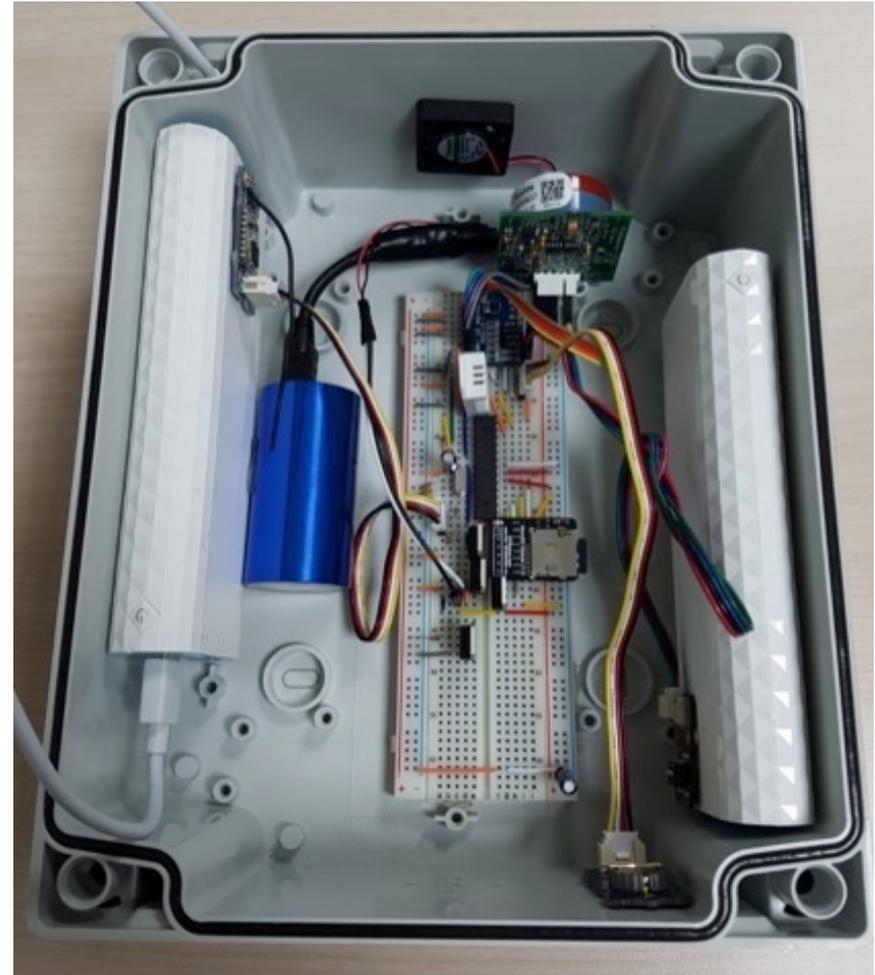
Plus de détails sur ce volet :

- ❑ Articles de revues scientifiques dans: **IEEE Transactions on Wireless Communications** 2017 et **IEEE Transactions on Networking** 2019;
- ❑ Un chapitre de livre, **The Philosophy of Mission-Oriented WSN**, Springer'18);
- ❑ Conférences internationales: IEEE **ICCCN**'15, IEEE **LCN**'16, **DCOSS**'16, **TAP**'16, IEEE **CCNC**'17, IEEE **MobiCom**'17, IEEE **MASS**'18, IEEE **ICCCN**'18, etc.;

1.2. Développement d'une plateforme de micro-capteurs

Choix technologiques, conception et mise au point des nœuds (V1) :

- ❑ Sondes de pollution NO₂;
- ❑ Stockage EEPROM + SD;
- ❑ Communication sans fil **LoRa**;
- ❑ Ventilation naturelle Vs FAN;
- ❑ Batteries et panneaux solaires;
- ❑ **Gestion optimisée de l'énergie.**



1.2. Développement d'une plateforme de micro-capteurs

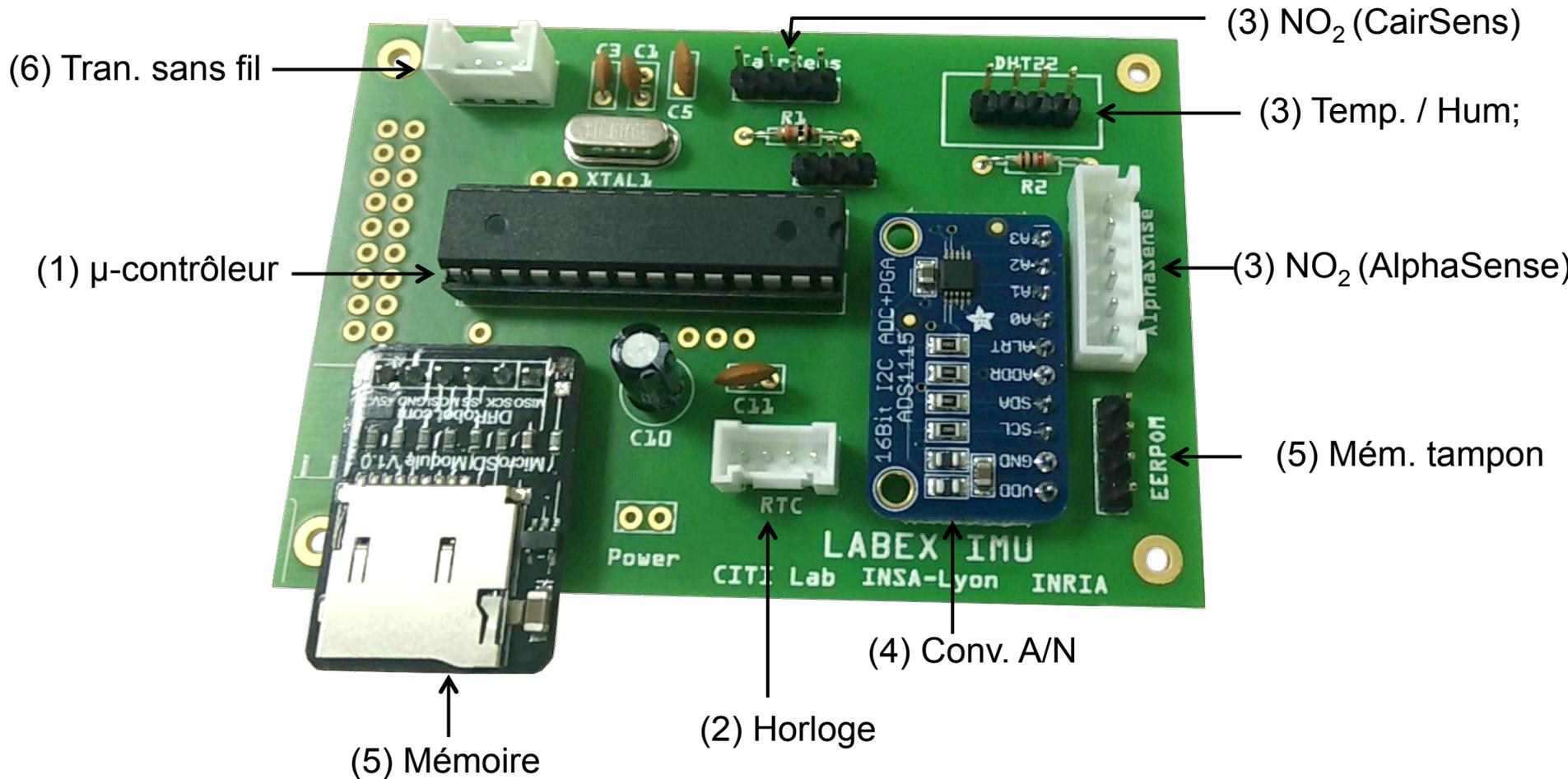
Tests et déploiements expérimentaux:

- ❑ Premiers tests au niveau laboratoire: temps de convergence, autonomie énergétique, fiabilité des comm., etc. ;
- ❑ Tests de deux nœuds déployés à côté des stations de référence d'ATMO AuRA;
- ❑ **Amélioration de la solution initiale:** Assemblage des composants basiques, ajout d'un ADC plus précis, stabilisation du voltage d'entrée...



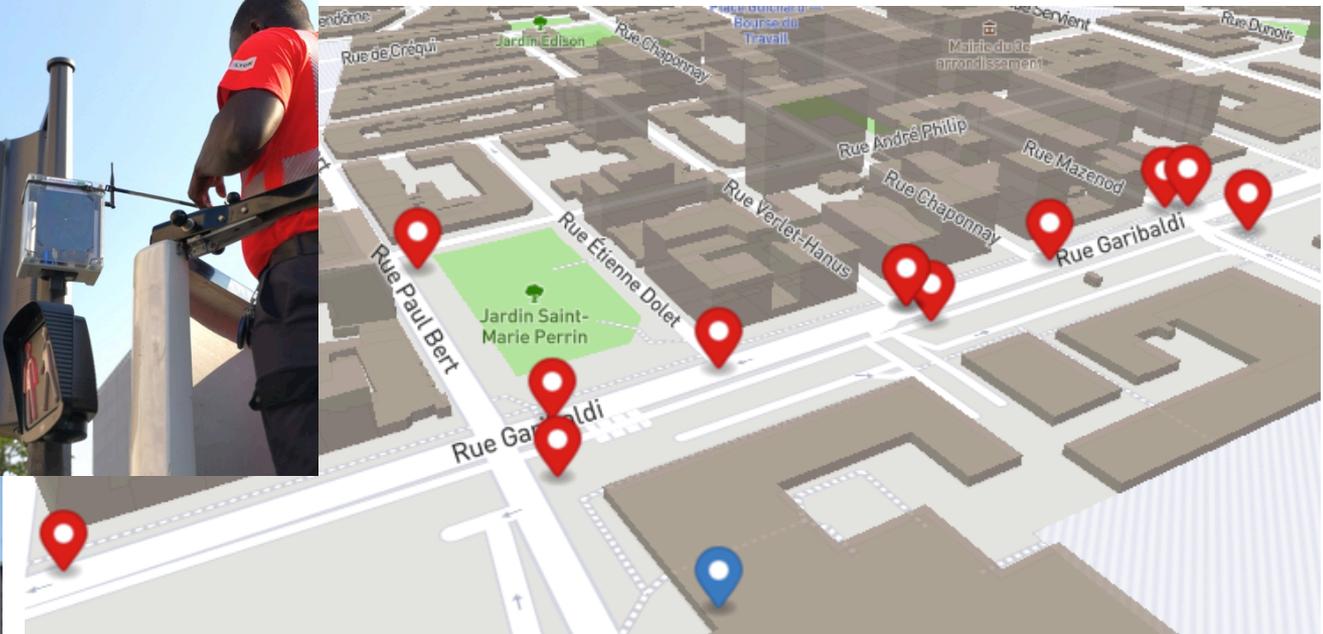
1.2. Développement d'une plateforme de micro-capteurs

Nœud optimisé V2 :



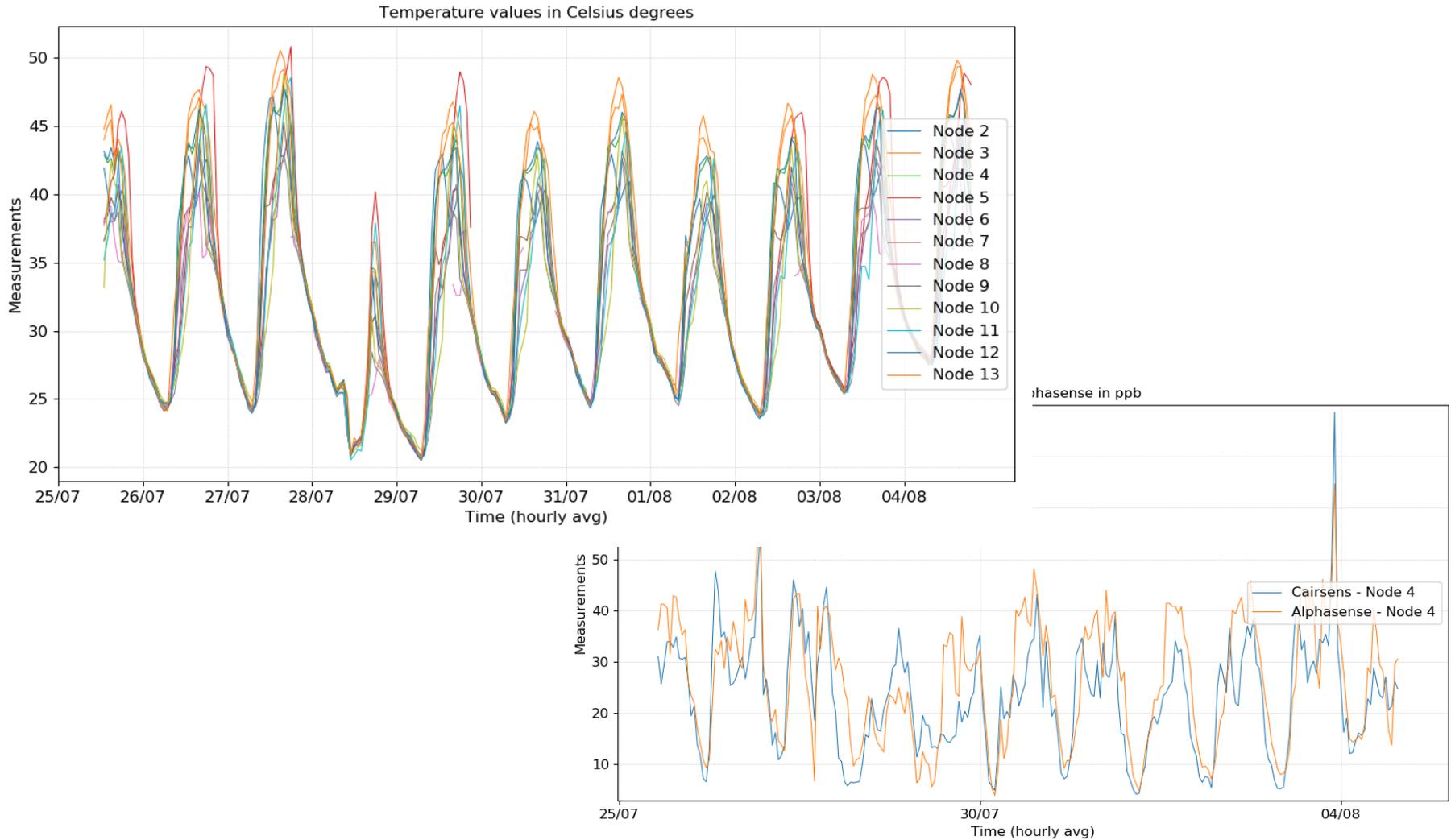
1.2. Développement d'une plateforme de micro-capteurs

Déploiement rue Garibaldi:



1.2. Développement d'une plateforme de micro-capteurs

Déploiement rue Garibaldi: quelques premiers résultats



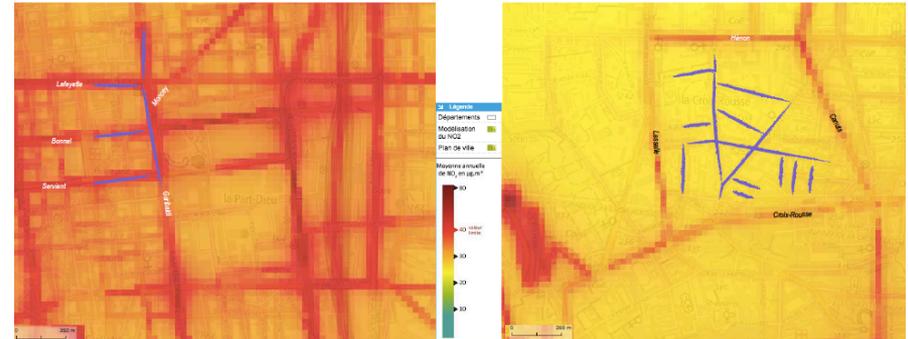
1.3. Enquête sociologique sur la perception de la pollution

L'accès à des informations précises conduit-il à **modifier les représentations de la pollution** en atténuant le filtre perceptif ?

A- Etude qualitative

Deux secteurs d'études

Source : Atmo-AURA (2016)



B- Enquête quantitative : par questionnaires

- Un plus large échantillon (1232 personnes)
- Tester les hypothèses issues de l'enquête qualitative

1.3. Enquête sociologique sur la perception de la pollution

Quelques résultats :

- ❑ Tendance commune à surévaluer le niveau de pollution de l'air;
- ❑ Difficulté de généraliser le filtre sensoriel → classification en quatre profils perceptif: les sensibles, les cognitifs, les hybrides et les indécis;
- ❑ Modalités de réception de l'information ne dépendent pas du profil perceptif mais du rapport (équivalent, additionnel, opposition) à l'information;

Quelques conclusions :

- ❑ L'information joue un faible rôle dans la perception individuelle de la qualité de l'air
- ❑ Une grande variabilité en ce qui concerne la réception d'informations par des individus: différents types de réception ont été identifiés
- ❑ Deux axes de travail: transparence de l'information et l'**implication citoyenne**

Plan

- ❑ Contexte
- ❑ **UrPoISens**: Réseaux de capteurs fixes à bas coût pour une caractérisation fine de la qualité de l'air
 - ❑ Optimisation du déploiement et de l'ordonnancement des capteurs
 - ❑ Conception et déploiement d'une plateforme de réseaux de capteurs
 - ❑ Etude sociologique sur la perception de la pollution par les citoyens
- ❑ **3M'Air** : Mesures citoyennes Mobiles et Modélisation: qualité de l'air et îlots de chaleur à Lyon
 - ❑ Choix technologiques et conception des nœuds
 - ❑ Etablissement du protocole de participation citoyenne
 - ❑ Analyse des données température/ qualité de l'air
- ❑ Conclusions

2. Projet 3M'Air (2018-2021)

Projet 3M'Air (Labex IMU 2018-2021)



- ❑ Mesures citoyennes Mobiles et Modélisation : qualité de l'air et **îlots de chaleur** à Lyon;
- ❑ Implication et mobilisation des citoyens dans les mesures participatives;
- ❑ Analyse des données **hétérogènes** issues de mesures **continues** en **espace** et en **temps**;
- ❑ Verrous techniques et technologiques (impact de la mobilité sur la qualité des mesures, protocoles de remonté de données, etc.)

2.1 Choix technologiques & conception des capteurs

- ❑ Sondes NO₂; PM; température; humidité et GPS
- ❑ Gestion optimisée de l'énergie et utilisation d'une petite batterie
- ❑ Miniaturisation des capteurs UrPolSens
- ❑ Test et vérification en conditions réelles



2.2 Choix des sites et protocole de participation

- ❑ **Première campagne: Saint Fons (Juin/Juillet 2019)**
 - ❑ Quartier en cours de réaménagement
 - ❑ Station ATMO sur le quartier Carnot-Parmentier
 - ❑ Variabilité spatiale (axe autoroute, Rhône, zones industrielles, etc.)
 - ❑ Mobilisation des habitants; salariés; volontaires; etc.

- ❑ **Deuxième campagne: Centre de Lyon (Juin/Juillet 2019)**
 - ❑ Départ de la part-dieu (hôtel de métropole)
 - ❑ Trajet en 'pétale' (presqu'île, bron, la mulatière...)
 - ❑ Compagne piétonne + éventuellement en vélo

- ❑ Choix de dates guidé par le passage du Landsat par Lyon,

- ❑ Recrutement / Compagnes de mesures (+ cartes mentales) / Restitution

2.3 Analyse des données issues de mesures participatives

- ❑ Approches basées sur la régression multiple :
 - linéaire, log-linéaire, KNN, réseaux de neurones, etc.
- ❑ Approches basées sur l'assimilation des données
- ❑ Analyse spatiale et spatio-temporelle
- ❑ Prise en compte des mesures participatives moins précises:
 - ❑ Densité élevée des mesures;
 - ❑ Qualité faible et hétérogène des capteurs;
 - ❑ Mobilité des nœuds (impact de la mobilité sur la mesure, continuité en espace et en temps, etc.);
 - ❑ Hétérogénéité des conditions de mesures...

Conclusions

- ❑ UrPolSens (2015-2018) : capteurs à bas coût fixes
 - ❑ Pluridisciplinarité « réelle »
 - ❑ Théorie vs terrain/expérimentation
 - ❑ Production scientifique (déploiement / ordonnancement optimal)
 - ❑ Tremplin vers d'autres projets

- ❑ 3M'Air (2018-2021): mesures participatives et citoyennes
 - ❑ Extension aux îlots de chaleurs urbains
 - ❑ Nouveaux verrous scientifiques, techniques et sociologiques

Merci pour votre attention

Contributeurs UrPoISens et 3M'Air

- Lucille Alonso, EVS, Univ Lyon 3
- Christina Aschan-Leygonie, EVS, Univ. Lyon 2
- Walid Bechkit, CITI, INSA-Lyon, INRIA (walid.bechkit@insa-lyon.fr)
- Alain Brisson , Météo France
- Ahmed Boubrima, laboratoire CITI, INRIA
- Claire Chappaz, ATMO AuRa
- Isabelle Clostre, ATMO AuRa
- Manoël Dahan, CITI, Univ. de Lyon
- Mohamed Anis Fekih, CITI, Univ. de Lyon
- Andrew Frei, ATMO AuRa
- Ichrak Mokhtari, CITI, INRIA, ESI
- Isabelle Niesseron, Ville de Lyon
- Luce Ponsar, Métropole de Lyon
- Florent Renard EVS, Univ Lyon 3
- Cyrille Harpet, laboratoire EVS, EHESP
- Lou Herrmann, laboratoire EVS, Université de Lyon
- Benoit Loeillet, TUBA
- Hervé Rivano, CITI, INSA-Lyon, INRIA
- Anne Ruas, IFSTTAR
- Pietro Salizzoni, laboratoire LMFA, Ecole Centrale de Lyon
- Lionel Soulhac, laboratoire LMFA, INSA Lyon, Ecole Centrale de Lyon
- Romain Weber, Lyon Météo